

POTENSI CHIRONOMIDAE SEBAGAI PENUNJUK BIOLOGI DI SUNGAI REKREASI TERPILIH JANDA BAIK, PAHANG, SEMENANJUNG MALAYSIA

Ahmad Abas Kutty* & Hanisah Ibrahim

Pusat Sistematis Serangga, Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor.

* Corresponding author: abas@ukm.edu.my

ABSTRAK

Satu kajian ke atas kepelbagaian chironomid (Diptera: Chironomidae) dalam ekosistem bebas cemar telah dijalankan di Janda Baik, Pahang, Semenanjung Malaysia. Kajian ini adalah untuk mengenalpasti penyebaran dan komposisi Chironomidae di tujuh sungai rekreasi terpilih di Janda Baik. Chironomid disampel menggunakan jaring Surber dan enam parameter kualiti air telah dianalisis iaitu oksigen terlarut (DO), permintaan oksigen biokimia (BOD₅), permintaan oksigen kimia (COD), ammoniakal nitrogen (NH₃-N), jumlah pepejal terampai (TSS) dan pH. Hasil kajian menunjukkan famili Chironomidae di Janda Baik diwakili oleh tiga subfamili iaitu Chironominae, Orthocladiinae dan Tanypodinae dengan jumlah individu sebanyak 10421. Chironominae dikenal pasti sebagai subfamili yang paling dominan iaitu sejumlah 9168 individu, manakala subfamili Tanypodinae (849 individu) merupakan kedua tertinggi diikuti dengan Orthocladiinae (404 individu). *Polypedilum* (Chironominae), *Rheocricotopus* (Orthocladiinae) dan *Rheotanytarsus* (Chironominae) adalah genus yang dominan di Janda Baik. *Polypedilum* spp. mendominasi enam daripada tujuh sungai kajian, manakala *Rheocricotopus* spp. didapati mendominasi satu sungai iaitu Sg. Kerul. Ujian CCA memperlihatkan pengaruh kandungan DO yang kuat dengan taburan *Polypedilum* dan potensinya untuk dijadikan sebagai penunjuk biologi untuk sungai kelas II ke atas.

Kata kunci: Sungai rekreasi, *Polypedilum*, makroinvertebrat benthik

ABSTRACT

A study on the chironomids (Diptera: Chironomidae) diversity at pristine ecosystem was carried out at Janda Baik, Pahang, Peninsular Malaysia. The study was undertaken to determine chironomids distribution and composition at seven selected recreational streams at Janda Baik. Chironomid was sampled using the Surber net and six water quality parameters have been measured, namely dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD₅), chemical oxygen demand (COD), ammonia and nitrogen (NH₃-N), total suspended solids (TSS) and pH. Results indicate that Chironomidae at Janda Baik was represented by three subfamilies namely Chironominae, Orthocladiinae and Tanypodinae, which comprises 10421 individuals. Chironominae was the most dominant subfamily with 9168 individuals followed by subfamily Tanypodinae (849 individuals) and Orthocladiinae (404 individuals). *Polypedilum* (Chironominae), *Rheocricotopus* (Orthocladiinae) and *Rheotanytarsus* (Chironominae) are the dominant genera in Janda Baik. *Polypedilum* spp.

dominated in six streams and *Rheocricotopus* spp. was found to dominate in one stream called Sg. Kerul. The CCA analysis exhibits DO role in determining *Polypedilum* distribution and potential to be use as biological indicator agent for stream in class II and above.

Keywords: Recreational stream, *Polypedilum*, macroinvertebrate benthic

PENGENALAN

Chironomidae mempunyai kepelbagaian biologi yang tinggi dengan lebih 5000 spesies telah direkod di seluruh dunia dan merupakan satu per tiga daripada komposisi serangga di dunia yang dianggarkan sekitar 15 000 spesies (Cranston 2004; Ferrington 2008; Siti Hafizah 2017; Zalela 2014). Kebanyakan habitat air tawar menunjukkan kehadiran Chironomidae yang paling banyak daripada segi jumlah bilangan individu berbanding dengan makroinvertebrat benthik yang lain (Epler 2001; Zalela 2014). Chironomidae daripada kumpulan makroinvertebrat benthik telah mula diberikan keutamaan kerana mempunyai banyak kelebihan seperti mempunyai sebaran yang luas, tahap toleransi yang luas, mudah dibiakkan dan mudah untuk disampel. Chironomid merupakan antara serangga yang mempunyai taburan paling luas di dunia dengan sebaran dari kedudukan 81°U ke 68°S dan dari ketinggian 5600 m di atas aras laut di Himalaya sehingga kedalaman 1642 m di bawah aras laut Tasik Baikal, Rusia (Cranston 1995; Epler 2001; Siti Hafizah 2017; Zalela 2014).

Kajian pemantauan ekosistem menggunakan Chironomidae telah dilakukan dengan meluas di Negara Eropah, Amerika Syarikat dan sebahagian negara Asia seperti China, Korea dan Jepun (Lindenmayer et al. 2011; Morse et al. 2007; Siti Hafizah 2017; Zalela 2014). Pangkalan data kepelbagaian, taksonomi dan ekologi chironomid telah dihasilkan dari kawasan Holarctic (Andersen et al. 2013), Amerika Syarikat (North Carolina dan South Carolina) (Epler 2001), United Kingdom (Cranston 1982) dan Australia (Cranston 2000) dan kawasan Afrotropical (Freeman & Cranston 1980) sebagai maklumat penting dalam penilaian potensi chironomid sebagai penunjuk biologi bagi program pemantauan biologi. Pemantauan dan penilaian ekosistem akuatik diperkenalkan seiring dengan kaedah konvensional penilaian kualiti air kerana dapat menjimatkan kos, mudah dikendalikan dan tidak memerlukan peralatan yang rumit dan mahal. Hasil kajian juga boleh diketahui dalam masa yang singkat. Kaedah ini juga adalah mesra alam tanpa menggunakan bahan kimia yang boleh merosakkan kawasan kajian.

Walaupun kajian pemantauan ekosistem menggunakan Chironomid dilakukan secara meluas tetapi kebanyakan kajian menunjukkan keupayaan chironomid sebagai penunjuk biologi ekosistem yang terganggu atau tercemar (Al-Shami et al. 2010; Bhattacharyay et al. 2005; Doherty et al. 1999; MacDonald & Taylor 2006). Chironomid digunakan sebagai agen penunjuk bagi pencemaran organik dan bukan organik termasuklah pencemaran logam berat (Marziali et al. 2010). Kajian banyak dilakukan di Malaysia di sungai yang tercemar termasuklah Sungai Juru (Al-Shami et al. 2010).

Chironomidae merupakan famili yang toleran dan dirujuk sebagai penunjuk ekosistem yang tercemar (Spellman & Drinan 2001). Walau bagaimanapun, banyak kajian menunjukkan Chironomidae juga banyak didapati di sungai yang bersih (Ahmad et al. 1999, 2013, 2015; Azrina et al. 2006; Nurhafizah-Azwa & Ahmad 2016; Siti Hafizah 2017). Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi mengenalpasti genus chironomid yang hadir di kawasan bersih dan berpotensi sebagai penunjuk biologi untuk sungai yang bersih.

BAHAN DAN KAEDAH

Kawasan Kajian

Kawasan persampelan adalah di Janda Baik, Pahang, Semenanjung Malaysia yang mempunyai banyak sungai rekreasi. Kawasan Janda Baik diklasifikasikan sebagai tanah tinggi kerana ketinggiannya melebihi 400 m di atas paras laut. Sebanyak tujuh sungai rekreasi telah dipilih sebagai stesen persampelan dalam kajian ini (Rajah 1). Sg. Benus (S1) merupakan sungai utama di Janda Baik. Lima sungai lain iaitu Sg. Sum Sum (S2), Sg. Cemperuh (S3), Sg. Ceringing (S4), Sg. Luruh (S5) dan Sg. Kerul (S6) merupakan anak sungai. Sg. Tampik (S7) pula mengalir memasuki Sg. Ceringing sebelum mengalir ke Sg. Benus. Julat ketinggian kawasan persampelan antara 427 m hingga 483 m. Persampelan dan analisis kualiti air dan chironomid telah dijalankan pada April 2013. Lima stesen persampelan telah dipilih daripada setiap sungai dan jarak antara stesen persampelan ialah 300-500 m.

Pengukuran Kualiti Air dan Chironomidae

Pengukuran secara *in situ* telah dilakukan untuk mengukur parameter air iaitu oksigen terlarut (DO) dan pH menggunakan meter YSI Professional Series. Air sungai telah disampel untuk analisis permintaan oksigen biokimia (BOD_5), permintaan oksigen kimia (COD), jumlah pepejal terampai (TSS) dan ammoniakal nitrogen (NH_3-N). Semua analisis makmal bagi parameter air telah dijalankan dengan menggunakan garis panduan APHA (1998). Jaring Surber yang bersaiz rongga 250 μm dan bukaan permukaan kuadrat berukuran 0.3m \times 0.3m telah digunakan untuk persampelan chironomid. Sebanyak lapan replikasi sampel untuk setiap satu stesen persampelan di tujuh sungai telah diambil. Sampel kemudiannya dimasukkan ke dalam plastik berzip dan diawet dengan menggunakan etanol yang berkepekatan 70% dan dibawa ke makmal untuk pengecaman.

Penyediaan Slaid dan Pengecaman Chironomid

Sampel chironomid dikeluarkan daripada plastik dan dinyah etanol dengan menggunakan air paip sebelum dipindahkan ke dalam dulang putih bagi tujuan pengasingan. Sampel diasingkan secara manual dengan menggunakan pipet dan kemudiannya disimpan di dalam botol universal yang diisi dengan etanol berkepekatan 70%. Proses pencernaan tisu dilakukan dengan merendam spesimen chironomid ke dalam 10% larutan potassium hidroksida (KOH) yang suam selama 15-20 minit. Proses pencernaan diberhentikan apabila tisu lembut spesimen telah dihadamkan dan lebihan KOH dikeluarkan. Spesimen kemudiannya dineutralkan dengan glasier asid asetik selama 10-20 minit di dalam kebusukan wasap. Selepas dineutralkan, spesimen dipindahkan semula ke dalam botol universal yang mengandungi etanol berkepekatan 70% bagi tujuan pengawetan sebelum proses penyediaan slaid (Andersen et al. 2013).

Proses penyediaan slaid dilakukan dengan merujuk kepada Andersen et al. (2013). Individu chironomid diletakkan secara terlentang iaitu bahagian ventral menghadap ke atas dan setitik formaldehid resin (larut air) diletak ke atas spesimen dan ditutup dengan sisip kaca. Sisip kaca kemudiannya ditekan dengan lembut bagi mengembangkan organ spesimen di bahagian kepala seperti mentum, mandibel, premandibel, labrum dan antena supaya jelas kelihatan untuk proses pengecaman. Selepas melalui proses penyediaan slaid, spesimen dibiarkan kering dahulu dan dilabelkan mengikut tempat dan tarikh sampel tersebut diambil. Pengecaman morfologi dijalankan dengan merujuk kepada buku taksonomi Andersen et al. (2013), Epler (2001) dan Wiederholm (1983).

Analisis Data

Indeks kepelbagaian Shannon, indeks kesamarataan Pielou dan indeks kekayaan Margalef digunakan untuk menilai respon organisma makroinvertebrat terhadap kualiti ekosistem dengan menggunakan data biologi (Ahmad et al. 1999, 2015). Analisis statistik yang dilakukan ialah ANOVA satu hala, analisis kesepadanan berkanonik (CCA) dan ujian korelasi. Ujian ANOVA satu hala dilakukan untuk membandingkan parameter kualiti air antara sungai. Ujian CCA menggunakan perisian Canoco versi 4.5 dilakukan untuk melihat pengaruh kualiti air terhadap kehadiran dan sebaran Chironomidae manakala ujian korelasi dilakukan bagi mengenalpasti genus chironomid yang berpotensi dijadikan agen penunjuk biologi di kawasan kajian berdasarkan kepada status kualiti air.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Kualiti Air

Nilai purata kualiti air dan indeks kualiti air (WQI) untuk semua sungai kajian ditunjukkan di dalam Jadual 1. Secara keseluruhannya tujuh sungai kajian terletak di dalam kelas II dengan julat indeks kualiti air (WQI) antara 83.7 dan 91.4. Sg. Sum Sum mempunyai WQI yang paling rendah, manakala Sg. Cemperuh mempunyai WQI yang paling tinggi. Walaupun sungai-sungai di Janda Baik berada di dalam kelas II, status kualiti air di sungai ini ialah bersih. Semua parameter kualiti air kecuali BOD₅ menyebabkan bacaan sungai di Janda Baik berada di dalam kelas II.

DO untuk semua sungai berjulat pada 6-7 mg/L yang menunjukkan ciri air yang baik. Bacaan DO mengkelaskan sungai kajian dalam kelas I dan II menurut piawai kualiti air kebangsaan (NWQS). Nilai minimum untuk menampung hidupan akuatik secara umumnya ialah 4 mg/L (Hanisah & Ahmad 2013, 2015; Maun & Moulton 1991; Zalela 2014). Menurut Nwinyi (2011) bacaan DO rendah adalah disebabkan TSS yang tinggi di dalam air sungai yang menyebabkan partikel terampai menyerap cahaya daripada matahari dan menyebabkan peningkatan suhu air permukaan. Ini dijelaskan dengan kandungan TSS yang bervariasi di antara sungai kajian. Kepekatan DO yang tinggi dicerap selepas hari hujan kesan daripada aliran permukaan di sekitar sungai. Walau bagaimanapun, ujian ANOVA satu hala menunjukkan nilai DO tidak berbeza dengan bermakna di antara sungai kajian ($p > 0.05$, $\alpha = 0.05$).

Bacaan COD paling tinggi di tiga sungai kajian iaitu Sg. Benus (30.68 ± 1.64 mg/L), Sg. Sum Sum (30.09 ± 1.34 mg/L) dan Sg. Cemperuh (24.79 ± 1.43 mg/L) dan terletak dalam kelas II dan III. Menurut Mazlin et al. (1999) bacaan COD yang tinggi ialah disebabkan oleh kehadiran bahan organik dan bukan organik yang tinggi di dalam jasad air. Nilai purata pH (7.23 ± 0.29) dan NH₃-N (0.06 ± 0.03 mg/L) meletakkan sungai kajian dalam kelas I mengikut NWQS walaupun pH Sg. Kerul dan NH₃-N Sg. Luruh dikelaskan dalam kelas II. Nilai bacaan BOD₅ berada dalam kelas I mengikut NWQS kerana kurang daripada 1 mg/L. Secara keseluruhannya, kesemua sungai kajian masih bersih walaupun merupakan sungai rekreasi di Janda Baik.

Komposisi Chironomidae

Hasil kajian menunjukkan Chironominae, Tanypodinae dan Orthocladiinae adalah subfamili yang dominan di sungai-sungai kajian (Jadual 2). Jumlah keseluruhan individu yang telah direkodkan ialah 10421 individu. Chironominae dengan jumlah individu 9168 merupakan subfamili yang mendominasi kawasan kajian dengan mewakili 88% keseluruhan sampel.

Tanypodinae pula adalah subfamili yang kedua tertinggi dijumpai dengan jumlah individu 849 (8%) dan selebihnya ialah Orthocladiinae iaitu sebanyak 404 individu (4%). Sebanyak 20 genus telah dikenalpasti daripada subfamili Chironominae (12 genus) dan Orthocladiinae (8 genus), manakala subfamili Tanypodinae tidak dapat dicam sehingga ke genus kerana kekurangan maklumat.

Sungai Cemperuh mempunyai taburan Chironomidae yang paling tinggi iaitu 3630 individu yang terdiri daripada 15 genus. Sungai utama di Janda Baik iaitu Sg. Benus mempunyai bilangan individu chironomid kedua tertinggi iaitu 2103 individu dan Sg. Ceringing ketiga tertinggi iaitu 1589 individu.

Genus *Polypedilum* merupakan genus yang dominan dengan jumlah individu sebanyak 8908 iaitu 85.5% daripada jumlah individu yang dijumpai dan paling tinggi direkodkan di Sg. Cemperuh (3412 individu) dan yang paling sedikit direkodkan di Sg. Kerul iaitu 95 individu. Genus *Rheocricotopus* daripada subfamili Orthocladiinae merupakan genus yang kedua dominan di Janda Baik dengan 270 individu (2.6%) yang direkodkan diikuti dengan genus *Rheotanytarsus* iaitu 145 individu (1.4%).

Indeks Kepelbagaian

Sg. Benus, Sg. Sum Sum, Sg. Cemperuh, Sg. Ceringing, Sg. Luruh dan Sg. Tampik mempunyai nilai indeks kepelbagaian Shannon (H) kurang daripada 1 kerana didominasi genus *Polypedilum*. Pendominasian genus *Polypedilum* di Sg. Cemperuh kerana di dalam ekosistem genus ini banyak secara semula jadi dan bukanlah disebabkan oleh perubahan ekosistem. Terdapat beberapa kajian lepas yang menunjukkan *Polypedilum* hadir dengan banyak di dalam ekosistem yang bersih (Ahmad et al. 2008, 2013, 2014; Azrina et al. 2006; Siti Hafizah 2017). Selain itu, indeks kepelbagaian Shannon sesuai digunakan sekiranya tiada pendominasian kerana ia berdasarkan jumlah bilangan individu dalam spesies dan ini merupakan salah satu kelemahan indeks kepelbagaian. Sungai Kerul mempunyai nilai indeks kepelbagaian Shannon (H) tertinggi kerana pola sebaran chironomid yang hampir seragam dan tiada pendominasian genus tertentu. Nilai indeks kesamarataan Pielou (J) yang tinggi di Sg. Kerul iaitu 0.52 juga menunjukkan tahap kesamarataan bilangan individu adalah hampir seragam. Sg. Cemperuh mencatatkan nilai indeks kekayaan Margalef tertinggi kerana mempunyai bilangan takson paling banyak iaitu 15 takson daripada 20 yang telah dikenalpasti.

Parameter Kualiti Air Dengan Chironomidae

CCA telah dijalankan untuk memperlihatkan pengaruh parameter kualiti air terhadap sebaran genus chironomid di kawasan kajian. DO, COD dan pH mempengaruhi sebaran kebanyakan genus chironomid di kawasan kajian (Rajah 2). Kehadiran *Polypedilum* spp. yang dominan di kebanyakan sungai dipengaruhi oleh DO, COD dan pH. Ujian korelasi menunjukkan genus *Polypedilum* mempunyai hubungan yang kuat dengan DO ($r=0.65$). Sebaran genus *Rheocricotopus* dan genus *Rheotanytarsus* yang mempunyai kelimpahan kedua dan ketiga tertinggi dalam kajian ini tidak dipengaruhi apa-apa parameter kualiti air. Ujian ini jelas memperlihatkan potensi genus *Polypedilum* sebagai penunjuk biologi ekosistem bersih berdasarkan kepada sebaran, komposisi dan hubungan dengan beberapa kualiti air yang bersih.

KESIMPULAN

Sungai-sungai di Janda Baik, Pahang secara keseluruhannya masih baik dan berada dalam kelas II dan di dalam status sungai yang bersih. Chironomidae dibuktikan bukan sahaja sesuai sebagai penunjuk ekosistem tercemar, malah kajian ini memperlihatkan komposisi dan sebaran Chironomidae yang baik di ekosistem sungai bersih. Hasil menunjukkan Chironomidae berpotensi juga dijadikan penunjuk biologi kepada ekosistem yang bersih. Sebaran dan komposisi genus *Polypedilum* yang dominan di kawasan kajian memperlihatkan kesesuaian genus daripada famili Chironomidae sebagai penunjuk biologi ekosistem bersih. Kajian lanjutan sangat perlu dijalankan untuk mengenalpasti genus *Polypedilum* sehingga aras spesies kerana akan mampu memberikan maklumat yang lebih tepat sebagai penunjuk biologi kepada sungai yang bersih.

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia dan Kementerian Pengajian Tinggi (KPT) di atas bantuan kewangan bagi menjayakan penyelidikan ini.

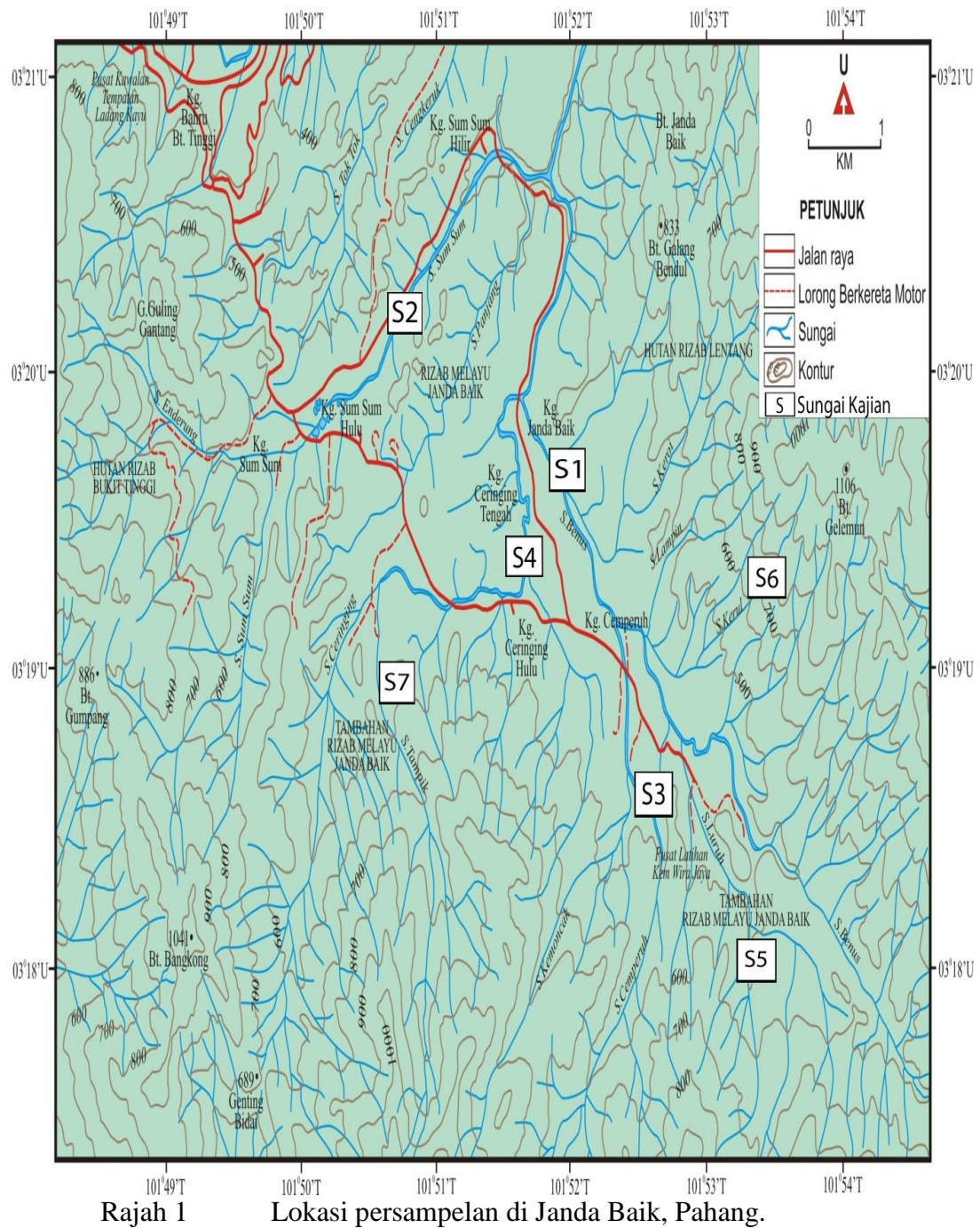
RUJUKAN

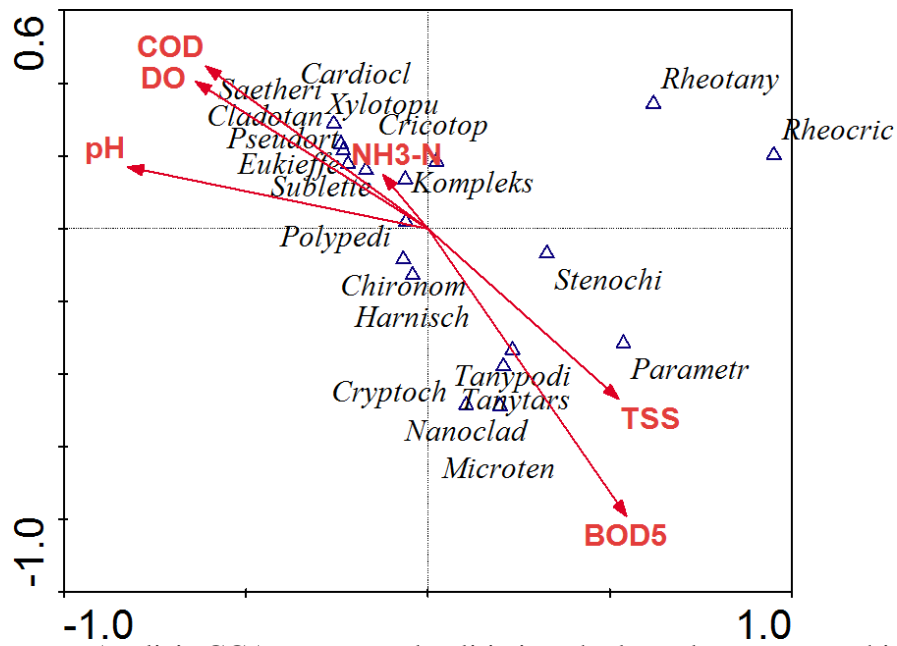
- Ahmad, A.K., Maznah, M. & Zameri, M. 1999. Kajian pemantauan biologi menggunakan makroinvertebrata di Hulu Sungai Langat, Selangor. *Borneo Science* 6: 45-56.
- Ahmad, A.K., Idris, A.B., Shuhaimi-Othman, M., Salwana, H. & Hamisah, H. 2008. A preliminary survey of chironomids diversity at the headwater of Langat River, Selangor. *Serangga* 13(1-2): 1-18.
- Ahmad, A.K., Abd Aziz, Z., Fun, H.Y., Ling, T.M. & Shuhaimi-Othman, M. 2013. Makroinvertebrat bentik sebagai penunjuk biologi di Sungai Kongkoi, Negeri Sembilan, Malaysia. *Sains Malaysiana* 42(5): 605–614.
- Ahmad, A.K., Abd. Aziz, Z. & Shuhaimi-Othman, M. 2014. Chironomid spatial distribution within the upstream of Sungai Langat Catchment. *Sains Malaysiana* 43(11): 1657-1663.
- Ahmad, A.K., Siti Hafizah, A. & Shuhaimi-Othman, M. 2015. Potensi makroinvertebrat bentik sebagai penunjuk biologi di Sungai Ikan, Hulu Terengganu, Terengganu. *Sains Malaysiana* 44(5): 663–670.
- Al-Shami, S.A., Salmah, M.R.C., Hassan, A.A. & Azizah, M.N.S. 2010. Temporal distribution of larval Chironomidae (Diptera) in experimental rice fields in Penang, Malaysia. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 13(1): 17-22.
- Andersen, T., Cranston, P.S. & Epler, J.H. 2013. Chironomidae of the Holarctic Region Keys and Diagnoses – Larvae. *Insect Systematics & Evolution* (Supplement) 66: 1-573.
- APHA. 1998. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition. Washington: American Public Health Association.
- Azrina, M.Z., Yap, C.K., Ismail, A.R., Ismail, A. & Tan, S.G. 2006. Antropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River Peninsular Malaysia. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 64(3): 337-347.
- Bhattacharyay, G., Sadhu, A.K., Mazumdar, A. & Chaudhuri, P.K. 2005. Antennal deformities of chironomid larvae and their use in biomonitoring of heavy metal pollutants in the River Damodar of West Bengal, India. *Environmental Monitoring and Assessment* 108: 67–84.
- Cranston, P.S. 1982. *A key to the larvae of the British Orthocladinae (Chironomidae)*. Ambleside: Freshwater Biological Association.
- Cranston, P.S. 2000. Electronic guide to the Chironomidae of Australia. <http://apes.skullisland.info/sites/default/files/webfiles/members/pete/start.pdf>. [3 Ogos 2016].

- Cranston, P.S. 2004. Insecta: Diptera, Chironomidae. Dlm. Yule, C.M. & Yong, H.S. (Pnyt.). *The Freshwater Invertebrates of Malaysia and Singapore*, hlm. 711-735. Malaysia: Academy of Science.
- Doherty, M.S.E., Hudson, P.L., Ciborowski, J.J.H. & Schloesser, D.W. 1999. Morphological deformities in larval Chironomidae (Diptera) from the Western Basin of Lake Erie: A historical comparison. *Proceedings of the 25th Annual Aquatic Toxicity Workshop 18–21 October*, Quebec.
- Epler, J.H. 2001. *Identification Manual for the Larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. Special Publication SJ2001-SP13*. Florida: North Carolina Department of Environment and Natural Resources and St. Johns River Water Management District.
- Ferrington, L.C. 2008. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. *Hydrobiologia* 595(1): 447-455.
- Freeman, P. & Cranston, P.S. 1980. Catalogue of the Diptera of Afrotropical Region. Dlm. Crosskey, R.W. (Pnyt.) *Family Chironomidae*, hlm. 175-202). England: British Museum Natural History.
- Hanisah, I. & Ahmad, A.K. 2013. Recreational Stream Assessment Using Malaysia Water Quality Index. Faculty of Science and Technology Post-Graduate Colloquium, Universiti Kebangsaan Malaysia, pp. 620-624. New York: American Institute of Physics.
- Hanisah, I. & Ahmad, A.K. 2015. Perbandingan Kepelbagaian Makroinvertebrat Bentik di Tiga Sungai Terpilih di Janda Baik, Pahang. *Persidangan Kebangsaan Geografi & Alam Sekitar kali ke 5*. hlm. 831-840. Tanjong Malim: Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Lindenmayer, D. B., Likens, G. E., Haywood, A., & Miezi, L. 2011. Adaptive monitoring in the real world: proof of concepts. *Trends in Ecology and Evolution* 26(12): 64-646.
- MacDonald, E.E. & Taylor, B.R. 2006. Incidence of mentum deformities in midge larvae (Diptera: Chironomidae) from North Nova Scotia, Canada. *Hydrobiologia* 563: 277-287.
- Marziali, L., Armanini, D.G., Cazzola, M., Erba, S., Toppi, E., Buffagni, A. & Rossaro, B. 2010. Responses of chironomid larvae (Insecta, Diptera) to ecological quality in Mediterranean river mesohabitats (South Italy). *River Research and Applications* 26(8): 1036-1051.
- Maun, C. & Moulton, P. 1991. Optimal Water Quality Standards for Aquatic Ecosystems. Nisqually River Education Project and Nisqually River Education Project and Nisqually River Council. Olympia, WA.
<http://school.csd509j.net> [2 June 2013]

- Mazlin, M., Hassan, B. & Chia, J.P. 1999. Water Quality Monitoring Sewage Oxidation Pond Ukm, Bangi That Drain Effluent into Sungai Langat. *Langat Basin Research Symposium Proceedings*, pp. 155-170.
- Morse, J.C., Bae, Y.J., Munkhjargal, G., Sangpradub, N., Tanida, K., Vshivkova, T. S., Wang, B., Yang, L. & Yule, C.M. 2007. Freshwater biomonitoring with macroinvertebrates in East Asia. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 33-42.
- Nurhafizah-Azwa, S. & Ahmad, A.K. 2016. Biodiversity of benthic macroinvertebrates in Air Terjun Asahan, Asahan, Melaka, Malaysia. Faculty of Science and Technology Post-Graduate Colloquium, Universiti Kebangsaan Malaysia. New York: American Institute of Physics.
- Nwinyi, O. 2011. Assessment of water quality in Canaanland, Ota, Southwest Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America* 2(4): 577-583.
- Ranston, P.S. 1995. Biogeography. Dlm. Armitage, P., Cranston, P.S. & Pinder, L.C.V. (Pnyt.). *The Chironomidae: The Biology and Ecology of Non-Biting Midges*, hlm. 62-83. London: Chapman & Hall.
- Siti Hafizah, A. 2017. Kepelbagaian Chironomidae di Sungai-Sungai Tanah Tinggi terpilih, Malaysia. Tesis Sarjana. Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Spellman, F.R. & Drinan, J. 2001. *Stream Ecology and Self Purification: An Introduction*. 2nd Edition. Pennsylvania: Technomic Publishing Company
- Wiederholm, T. 1983. Chironomidae of the Holarctic Region. Keys and diagnoses. Part 1– Larvae. *Entomologica Scandinavica Supplement* 19: 1-457.
- Zalela, A.A. 2014. Sistematis, Biologi dan ekologi Chironomidae di Hulu Langat, Sungai Langat, Selangor. Tesis Dr. Fal, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia

APPENDICES





Rajah 2 Analisis CCA parameter kualiti air terhadap sebaran genus chironomid.

Jadual 1 Kualiti air dan indeks kualiti air (WQI) di Janda Baik, Pahang.

Sungai	DO (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TSS (mg/L)	pH	WQI	KELAS	STATUS KUALITI AIR
Sg. Benus	6.96 ± 0.25	0.20 ± 0.06	30.68 ± 1.64	0.05 ± 0.01	13.62 ± 8.18	7.32 ± 0.08	90.0	II	Bersih
Sg. Sum Sum	6.78 ± 0.29	0.31 ± 0.10	30.09 ± 1.34	0.07 ± 0.02	113.05 ± 101.90	7.56 ± 0.09	83.7	II	Bersih
Sg. Cemperuh	7.19 ± 0.18	0.24 ± 0.14	24.79 ± 1.43	0.04 ± 0.01	6.01 ± 1.89	7.47 ± 0.10	91.4	II	Bersih
Sg. Ceringing	6.81 ± 0.21	0.33 ± 0.10	4.50 ± 2.52	0.04 ± 0.01	208.57 ± 8.64	7.08 ± 0.02	87.5	II	Bersih
Sg. Luruh	7.33 ± 0.64	0.22 ± 0.04	5.55 ± 1.90	0.12 ± 0.18	259.84 ± 80.53	7.25 ± 0.12	86.0	II	Bersih
Sg. Kerul	6.50 ± 0.36	0.29 ± 0.09	3.30 ± 1.32	0.03 ± 0.01	176.57 ± 93.28	6.70 ± 0.03	87.4	II	Bersih
Sg. Tampik	6.82 ± 0.37	0.32 ± 0.11	2.73 ± 0.96	0.04 ± 0.06	200.04 ± 11.37	7.21 ± 0.05	87.3	II	Bersih
Purata ± SD	6.91 ± 0.28	0.27 ± 0.05	14.52 ± 13.26	0.06 ± 0.03	139.67 ± 98.87	7.23 ± 0.29	86.4	II	Bersih

Jadual 2 Komposisi dan sebaran chironomid di Janda Baik, Pahang.

Subfamili	Tribe	Genus	Sungai							Jumlah
			Sg. Benus	Sg. Sum Sum	Sg. Cemperuh	Sg. Ceringing	Sg. Luruh	Sg. Kerul	Sg. Tampik	
Chironominae	Chironomini	<i>Chironomus</i>	0	0	5	2	0	0	0	7
		<i>Cryptochironomus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
		<i>Harnischia</i>	0	0	2	1	0	0	0	3
		Kompleks <i>Harnischia</i> genus C	23	1	9	4	20	1	5	63
		<i>Microtendipes</i>	0	0	2	7	0	0	4	13
		<i>Polypedilum</i>	1979	350	3412	1113	1071	95	888	8908
		<i>Saetheria</i>	1	0	1	0	0	0	0	2
		<i>Stenochironomus</i>	2	0	0	2	1	1	3	9
	Tanytarsini	<i>Cladotanytarsus</i>	0	0	2	0	0	0	0	2
		<i>Rheotanytarsus</i>	14	0	35	10	22	42	22	145
		<i>Sublettea</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
		<i>Tanytarsus</i>	0	0	0	0	0	0	14	14
	Orthocladinae	<i>Cardiocladius</i>	5	0	0	0	0	0	0	5
		<i>Cricotopus</i>	24	0	26	6	9	5	4	74
		<i>Eukiefferiella</i>	18	0	9	3	4	0	0	34

	<i>Nanocladius</i>	0	2	0	0	0	0	2	4
	<i>Parametriocnemus</i>	0	2	1	7	0	2	0	12
	<i>Pseudorthocladius</i>	0	0	2	0	0	0	0	2
	<i>Rheocricotopus</i>	2	4	6	76	35	101	46	270
	<i>Xylotopus</i>	1	0	2	0	0	0	0	3
Tanypodinae		34	72	115	358	60	38	172	849
	Jumlah individu	2103	431	3630	1589	1222	285	1161	10421
	Bil. Takson	10	5	15	11	7	7	10	20

Jadual 3 Nilai indeks kepelbagaian di Janda Baik, Pahang.

Sungai	Indeks kepelbagaian Shannon (<i>H</i>)	Indeks kesamarataan Pielou (<i>J</i>)	Indeks kekayaan Margalef (<i>Dmg</i>)
Sg. Benus	0.33	0.13	1.31
Sg. Sum Sum	0.58	0.30	0.82
Sg. Cemperuh	0.32	0.09	1.83
Sg. Ceringing	0.88	0.20	1.49
Sg. Luruh	0.57	0.22	0.98
Sg. Kerul	1.43	0.52	1.24
Sg. Tampik	0.84	0.21	1.42
Purata \pm SD	1.19 \pm 0.66	0.31 \pm 0.15	1.90 \pm 0.76